



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 24 607 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 M 15/00**  
F 02 C 7/00  
G 01 M 11/00

②1 Aktenzeichen: 199 24 607.6  
②2 Anmeldetag: 28. 5. 1999  
④3 Offenlegungstag: 30. 11. 2000

DE 199 24 607 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Adams, Ulrich, Dipl.-Ing., 97447 Gerolzhofen, DE

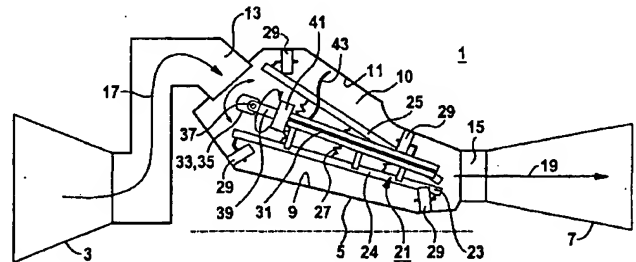
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	44 38 229 C2
DE	39 14 099 C1
DE	195 37 999 A1
US	42 18 989 A
US	41 31 914 A
US	37 64 736 A
EP	03 64 578 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Inspektionsvorrichtung für eine Ringbrennkammer einer Gasturbine und Verfahren zur Inspektion einer Ringbrennkammer einer Gasturbine

⑤7 Die Erfindung betrifft eine ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung (21) für eine Ringbrennkammer (5) einer Gasturbine (1). Die Inspektion erfolgt mittels einer Videokamera (33). Durch die Inspektion mittels der Inspektionsvorrichtung (21) wird eine erhebliche Verkürzung der Inspektionszeit sowie eine genaue Dokumentation des Verschleißes der Ringbrennkammer (5) erreicht.



DE 199 24 607 A 1

Die Erfindung betrifft eine ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung für eine Ringbrennkammer einer Gasturbine. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Inspektion einer Ringbrennkammer einer Gasturbine.

Aus der US-PS 4,255,762 ist eine Vorrichtung zur Inspektion von Röhren bekannt. Auf einem Prüfkopf der Vorrichtung ist ein optisches System zur Aufnahme von Prüfbildern der inneren Oberfläche der Röhre montiert. Die Prüfvorrichtung weist einen Positioniermechanismus auf, mit dem der Prüfkopf translatorisch und rotatorisch bewegbar ist. Mittels einer Auswerteeinrichtung außerhalb der Röhre sind Videobilder in einer Röhrenoberfläche darstellbar. Mittels eines Abstandssensors wird der Prüfkopf berührungsfrei in der Röhre geführt.

Die DE 41 32 281.A1 zeigt ein Antriebsaggregat zum Durchfahren einer Rohrleitung. Das Antriebsaggregat weist einen Antrieb, mehrere durch den Antrieb zur Drehung angetriebene Sonnenräder, jeweils mindestens 2 mit jedem Sonnenrad kämmende Planetenräder und mehrere Antriebsräder mit Laufflächen auf. Die Laufflächen werden durch die orbitale Drehung der Planetenräder gegen die Innenwandfläche des Rohres gedrückt. Eine Fahrsonde, die als Inspektionsgerät zum Fahren durch ein Rohrleitungsnetz mit Biegungen und Abzweigungen betrieben wird, besteht aus der Kopplung von zwei der oben beschriebenen Antriebsaggregate. Die Antriebsaggregate sind am vorderen und hinteren Ende einer biegbaren Vorrichtung montiert. Dadurch wird ein stoßfreies Durchfahren eines Rohrleitungsnetzels ermöglicht.

Aufgabe der Erfindung ist anzugeben, wie die Inspektion einer Ringbrennkammer einer Gasturbine schnell, kostengünstig und hinsichtlich einer zuverlässigen Fehlererkennung in einer besonders effektiven Weise durchführbar ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß eine ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung für eine Ringbrennkammer einer Gasturbine angegeben, die einen fernlenkbaren Antriebsmechanismus, eine bewegliche Videokamera, eine Beleuchtungseinrichtung, ein Traggestell für die Videokamera, den Antriebsmechanismus und die Beleuchtungseinrichtung und Mittel zum Übertragen von Videobildern der Videokamera zu einer Auswerteeinrichtung aufweist.

Eine Brennkammer einer Gasturbine ist ein thermisch sehr hoch belasteter Bereich. Eine solche Brennkammer weist eine hitzebeständige Innenauskleidung auf. Diese Innenauskleidung ist einer erheblichen Oxidation und Korrosion ausgesetzt. Dies führt zu Verschleiß, der frühzeitig erkannt werden muß bevor es zu durch den Verschleiß induzierten Folgeschäden kommt. Gerade bei für thermische Extrembelastungen ausgelegten Innenauskleidungen sind häufig komplexe Beschichtungssysteme zum Schutz der Innenauskleidung auf diese aufgebracht. Ein lokales Abplatzen dieser Beschichtung muß frühzeitig und zuverlässig detektiert werden. In die Brennkammer münden Gasturbinenbrenner, die ebenfalls einer extrem hohen thermischen Belastung ausgesetzt sind. Insbesondere die zur Erzeugung einer die Verbrennung stabilisierenden Rückströmung dienenden Drallgitter eines solchen Brenners, müssen regelmäßig auf Verschleiß kontrolliert werden. Schließlich ist auch eine sich an die Brennkammer anschließende erste Leitschaufelreihe der Gasturbine extrem hohen thermischen Belastungen ausgesetzt. Auch hier ist eine regelmäßige und genaue Kontrolle der Oberfläche der Leitschaufeln erforderlich.

Bisher wurde die Brennkammer einer Gasturbine durch eine unmittelbare Inaugenscheinnahme des Brennkammerzustandes geprüft. Dabei wurde entweder die Gasturbinenbrennkammer unter erheblichem Aufwand soweit geöffnet,

daß eine Zugänglichkeit aller zu prüfenden Bereiche möglich war oder es wurde – bei einer großen stationären Gasturbine – zumindest ein Teilbereich der Brennkammer über einen Mannlochzugang geprüft. Die Beurteilung eines tatsächlichen Verschleißzustandes und insbesondere die Erkennung möglicherweise kritischer und wartungsbedürftiger Bereiche erfordert sehr erfahrenes Personal. Aufgrund dieser sehr kritischen Prüfung sowie aufgrund der grundsätzlichen Zugänglichkeit einer Gasturbinenbrennkammer durch eine unmittelbare Inaugenscheinnahme wurde bislang nicht in Erwägung gezogen, bzw. überhaupt für technisch umsetzbar gehalten, eine Kontrolle mittels eines ferngesteuerten optischen Erkennungssystems vorzunehmen. Gerade bei einer Ringbrennkammer liegt zudem eine komplexe Innengeometrie vor, die für ein ferngesteuertes System nur schwer so zugänglich ist, daß tatsächlich auch alle zu prüfenden Bereiche sicher abprüfbar sind.

Mit der Erfindung wird dieses Vorurteil überwunden. Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, daß durch eine solche ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung mit einem Videokamerasystem erhebliche zusätzliche Vorteile gegenüber einer unmittelbaren Inaugenscheinnahme erzielbar sind, die bisher überhaupt nicht erwogen wurden. Einerseits läßt sich durch die ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung die komplette Ringbrennkammer durch einen Mannlochzugang inspizieren, ohne dabei die Ringbrennkammer weiter zu öffnen. Dies hat erhebliche Verkürzungen von Revisionszeiten zur Folge. Zudem läßt sich mit Hilfe des Videosystems der Zustand der Brennkammer genau dokumentieren. Dabei ist z. B. ein Vergleich mit früheren Inspektionen und damit z. B. eine Kontrolle der Verschleißfortschritts-geschwindigkeit möglich und sogar quantifizierbar. Mit Hilfe der Videoerfassung wird zudem eine vom Standort der Gasturbine unabhängige Beurteilung des Brennkammerzustandes möglich. Somit könnte z. B. die Inspektion gemäß eines automatisierten Ablaufes erfolgen und anschließend die Beurteilung des Verschleißzustandes der einzelnen Bereiche z. B. zentral in einem Know-How-Zentrum überprüft werden. Damit werden auch maschinenübergreifend evtl. vorhandene Problembereiche der Gasturbinen gleichen Typs identifizierbar. Weiterhin erlaubt die ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung, falls erforderlich, mittels einer Positionskontrolle die genaue Zuweisung von Positionen von Fehlerbereichen. Damit kann beispielsweise gezielt bei einer späteren Wartung anhand der Inspektionsdaten eine Fehlerbehebung stattfinden.

Bevorzugt weist der Antriebsmechanismus einen Elektromotor und Räder auf, von welchen Rädern mindestens eines durch den Elektromotor antreibbar ist. Somit ist die Inspektionsvorrichtung als ein Fahrzeug ausgebildet, welches sich auf Rädern eigenständig durch die Ringbrennkammer bewegt.

Bevorzugt weist der Antriebsmechanismus eine, insbesondere C-förmige, Schiene auf, mit der das Traggestell fahrbar ist. In dieser Ausgestaltung wird also die auf dem Traggestell montierte Videokamera mit der Beleuchtungseinrichtung über eine C-förmige Schiene in die Brennkammer eingeführt. Diese Schiene kann beispielsweise teleskopförmig ausfahrbar sein. Durch die Einführung dieser Schiene über ein Mannloch in die Ringbrennkammer ist es somit möglich, die Ringbrennkammer mittels einer an der Schiene montierten Videokamera, zu inspizieren.

Bevorzugtermaßen weist der Antriebsmechanismus einen Gelenkarm auf, auf dem das Traggestell montiert ist. Diese Ausführungsform entspricht in ihrer Funktionsweise insofern der Schiene, als die Videokamera und das Beleuchtungssystem über eine geeignete Stelle, z. B. das Mannloch, in die Ringbrennkammer eingeführt und von dort fernge-

lenkt durch die Ringbrennkammer geleitet wird. Auch in diesem Fall ist kein weiteres Aufdecken der Ringbrennkammer nötig.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß weiterhin gelöst durch ein Verfahren zur Inspektion einer Ringbrennkammer einer Gasturbine, bei dem eine Videokamera ferngelenkt in die Ringbrennkammer eingeführt und so geschwenkt wird, daß durch die Videokamera, Videobilder von Bereichen der Innenwände der Ringbrennkammer aufgenommen werden, welche Videobilder an eine außerhalb der Ringbrennkammer positionierte Auswerteeinrichtung übermittelt werden. Die Vorteile eines solchen Verfahrens entsprechen den obigen Ausführungen zu den Vorteilen der Inspektionsvorrichtung.

Die Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen teilweise schematisch nicht maßstäblich:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Gasturbine,

Fig. 2 eine als Fahrzeug ausgebildete Inspektionsvorrichtung,

Fig. 3 eine auf einer teleskopförmigen Schiene angeordnete Inspektionsvorrichtung, und

Fig. 4 eine Inspektionsvorrichtung mit einem Gelenkarm.

Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

Fig. 1 zeigt eine Gasturbine 1. Aufeinanderfolgend und miteinander verbunden angeordnet sind ein Verdichter 3, eine Ringbrennkammer 5 und ein Turbinenteil 7. Die Ringbrennkammer 5 bildet durch eine innere Innenwand 9 und eine äußere Innenwand 11 einen ringförmigen, sich in Richtung auf das Turbinenteil 7 verengenden Ringraum 10. Am verdichterseitigen Ende der Ringbrennkammer 5 mündet ein Gasturbinenbrenner 13 in die Ringbrennkammer 5. Am turbinenteilseitigen Ende der Ringbrennkammer 5 ist eine erste Leitschaufelreihe 15 des Turbinenteils 7 angeordnet.

Durch den Verdichter 3 wird Umgebungsluft 17 verdichtet und dem Gasturbinenbrenner 13 zugeführt. Der Verdichtertluft 17 wird im Gasturbinenbrenner 13 Brennstoff zugemischt und in der Ringbrennkammer 5 gezündet. Das so entstehende heiße Abgas 19 wird dem Turbinenteil 7 zugeleitet. Die hierbei entstehenden Temperaturen von mehr als 1000°C belasten alle Bauteile der Ringbrennkammer 5 extrem hoch. Die Ringbrennkammer 5 ist deswegen mit einer hier nicht näher dargestellten Innenauskleidung versehen, die die thermische Belastung durch das heiße Abgas 19 aufnimmt. Diese Innenauskleidung besteht z. B. aus Brennkammersteinen, die zusätzlich mit einer Korrosions- und Oxidationsschutzschicht sowie mit einer keramischen Wärmedämmschicht versehen sein können. Thermisch extrem hoch belastet ist auch die erste Leitschaufelreihe 15 sowie der Mündungsbereich des Gasturbinenbrenners 13. Die hohe thermische Belastung führt zur Oxidation und Korrosion und kann z. B. auch Materialabtrag, Risse, Verformungen, Verkokung oder Abplatzungen zur Folge haben. Eine Erosion durch im Abgas mitgeführte Fremdkörper ist ebenfalls möglich. Die Ringbrennkammer 5 muß daher regelmäßig auf solche Verschleißerscheinungen hin überprüft werden. Dazu wird eine ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung 21 in die Ringbrennkammer 5 eingebracht. Die Inspektionsvorrichtung 21 weist ein Traggestell 24 auf. Das Traggestell 24 ist durch einen unteren Rahmen 23 und einen oberen Rahmen 25 gebildet. Sowohl am unteren Rahmen 23 als auch am oberen Rahmen 25 sind jeweils vier Räder 29 montiert. An einer Stirnseite der Inspektionsvorrichtung 21 ist eine Translationsschiene 31 montiert. Auf dieser ist translatorisch von einem brennerseitigen zu einem turbinenseitigen Ende der Ringbrennkammer beweglich eine Videokamera 33 zusammen mit einer Beleuchtungseinrichtung 35 mon-

tiert. Die Videokamera 33 und die Beleuchtungseinrichtung 35 sind in einer Gelenkgabel 37 schwenkbar gehalten. Die Gelenkgabel 37 ist auf einem Schaft 39 drehbar gehalten. Die Kombination der translatorischen Bewegung auf der Translationsschiene 31 mit der Rotationsbewegung des Schaftes 39 und der Schwenkbewegung in der Gelenkgabel 37 ermöglicht eine vollständige Inspektion der Innenwände 9, 11 des Mündungsbereiches des Gasturbinenbrenners 13 und der ersten Leitschaufelreihe 15. Eine am Schaft 39 angeordnete Steuer- und Versorgungseinrichtung 41 dient dem Antrieb der Bewegung für die Videokamera 33 und der elektrischen Versorgung der Videokamera 33 bzw. des Beleuchtungssystems 35. Weiterhin kann in der Steuer- und Versorgungseinrichtung 41 eine Vorverstärkung des Videosignals erfolgen. Das Videosignal wird über eine Leitung 43 aus der Ringbrennkammer 5 hinausgeleitet. Über die Leitung 43 erfolgt auch die Stromversorgung für die Steuer- und Versorgungseinrichtung 41.

Durch die ferngesteuerte Inspektionseinrichtung 21 kann eine vollständige Inspektion der Ringbrennkammer 5 ohne ein aufwendiges Abdecken oder Aufdecken der Ringbrennkammer 5 erfolgen. Dies hat eine erhebliche Verkürzung einer Revisionszeit zur Folge. Weiterhin wird durch die Videoerfassung des Brennkammerzustandes eine speicherbare und ortsunabhängig nachvollziehbare Dokumentation ermöglicht. Fachkundiges Personal kann somit unabhängig vom Standort der Gasturbine 1 den Zustand der Ringbrennkammer 5 beurteilen. Weiterhin ist durch ein Vergleich mit älteren Inspektionen ein Fortschreiten eines Verschleißes und eine Quantifizierung der Verschleißfortschritts-geschwindigkeit möglich. Die ferngesteuerte Inspektionseinrichtung 21 stellt somit gewissermaßen eine räumliche und zeitliche Kartographierung des Ringbrennkammerzustandes bereit. Es ergeben sich somit gegenüber einer bisher üblichen Inspektion durch direkte Inaugenscheinnahme völlig neue Möglichkeiten der Quantifizierung des thermisch induzierten Verschleißes in der Ringbrennkammer 5.

Fig. 2 zeigt eine Inspektionsvorrichtung 21 in einer Aufsicht. Die Inspektionsvorrichtung 21 weist einen Elektromotor 45 auf. Der Elektromotor 45 treibt über eine Welle 47 zwei der Räder 29 an. Eine Stromversorgung des Elektromotors 45 erfolgt über eine Versorgungsleitung 49. Die Übertragung von Videobildern erfolgt über die Leitung 43, wie in Fig. 1, wobei die Leitung 43 mit einer Auswerteeinrichtung 51 verbunden ist. Die Auswerteeinrichtung 51 weist einen Monitor 53 auf, auf dem die Videobilder unmittelbar darstellbar sind. Die Auswerteeinrichtung 51 weist zudem eine Speichereinheit 55 auf, über die die Videobilder abspeicherbar sind. Weiterhin sind durch die Speichereinrichtung 55 Videobilder früherer Inspektionen abrufbar. Dabei kann eine ortssynchronisierte parallele Darstellung der aktuellen Inspektionsbilder mit früheren Inspektionsbildern erfolgen, so daß unmittelbar eine Veränderung im Verschleißzustand sichtbar wird. Eine Stromversorgungseinrichtung 57 dient der Stromversorgung für den Elektromotor 45.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausgestaltung der ferngesteuerten Inspektionseinrichtung 21. Über eine teleskopartig ausfahrbare Schiene 61 wird die Videokamera 33 und das Beleuchtungssystem 35 in die Ringbrennkammer 5 eingeführt. Als Zugang dient dabei ein Mannloch 63. Die Schiene 61 ist C-förmig und kann den halben Umfang der Ringbrennkammer 5 umfahren. Das Traggestell 24 für die Videokamera 33 und das Beleuchtungssystem 35 wird entweder mittels der Schiene 61 durch die Ringbrennkammer 5 bewegt oder das Traggestell 24 ist auf der Schiene 61 fahrbar gelagert.

In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform der Inspektionsvorrichtung 21 gezeigt. Das Traggestell 24 für die Video-

kamera 33 und das Beleuchtungssystem 35 wird dabei von einem Gelenkarm 71 durch die Ringbrennkammer bewegt.

## Patentansprüche

1. Ferngesteuerte Inspektionsvorrichtung (21) für eine Ringbrennkammer (5) einer Gasturbine (1), mit einem fernlenkbaren Antriebsmechanismus (29, 45, 61, 71), einer beweglichen Videokamera (33), einer Beleuchtungseinrichtung (35), einem Traggestell (24) für die Videokamera (33), den Antriebsmechanismus (29, 45, 61, 71) und die Beleuchtungseinrichtung (35) und mit Mitteln zum Übertragen von Videobildern der Videokamera (33) zu einer Auswerteeinrichtung (51).
2. Inspektionsvorrichtung (21) nach Anspruch 1, bei der der Antriebsmechanismus (29, 45, 61, 71) einen Elektromotor (45) und Räder (29) aufweist, von welchen Rädern (29) mindestens eines durch den Elektromotor (45) antreibbar ist.
3. Inspektionsvorrichtung (21) nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Antriebsmechanismus (29, 45, 61, 71) eine, insbesondere C-förmige, Schiene (61) aufweist, mit der das Traggestell (24) fahrbar ist.
4. Inspektionsvorrichtung (21) nach Anspruch 1, bei der der Antriebsmechanismus (29, 45, 61, 71) einen Gelenkarm (71) aufweist, auf dem das Traggestell (24) montiert ist.
5. Verfahren zur Inspektion einer Ringbrennkammer (5) einer Gasturbine (1), bei dem eine Videokamera (33) ferngelenkt in die Ringbrennkammer (5) eingeführt und so geschwenkt wird, daß durch die Videokamera (33) Videobilder von Bereichen der Innenwände (9, 11) der Ringbrennkammer (5) aufgenommen werden, welche Videobilder an eine außerhalb der Ringbrennkammer (5) positionierte Auswerteeinrichtung (51) übermittelt werden.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

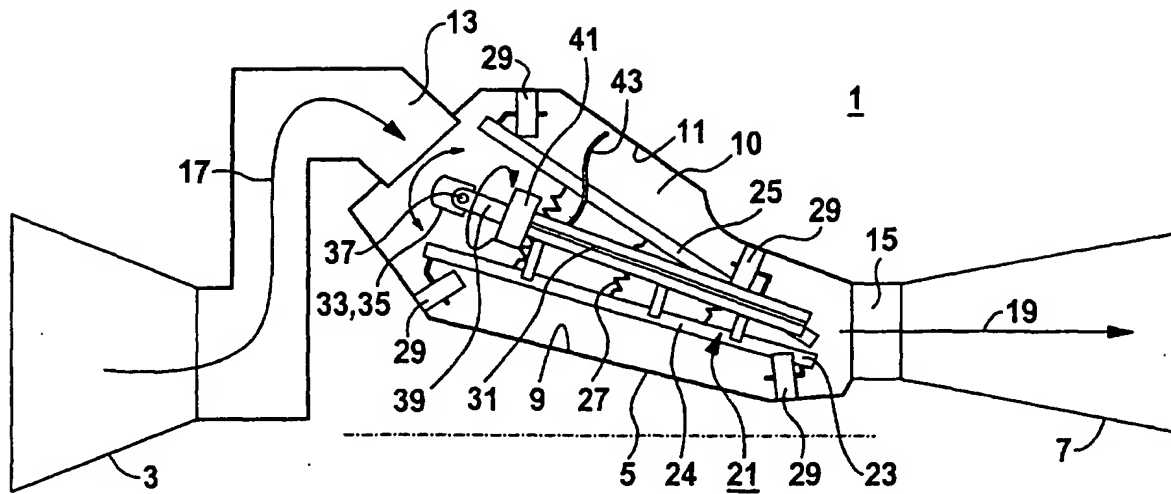


FIG 1

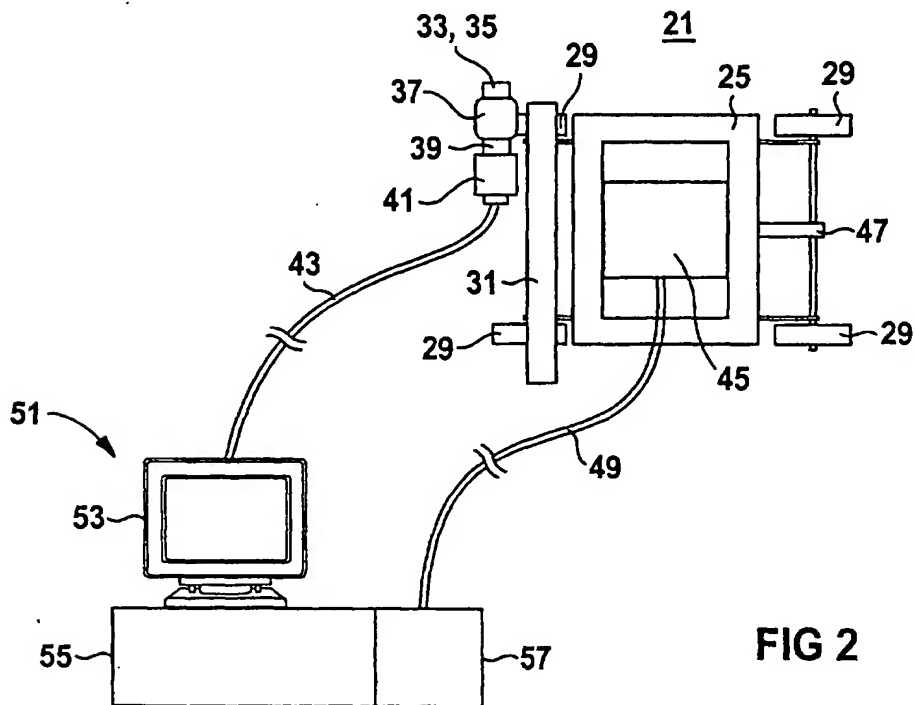
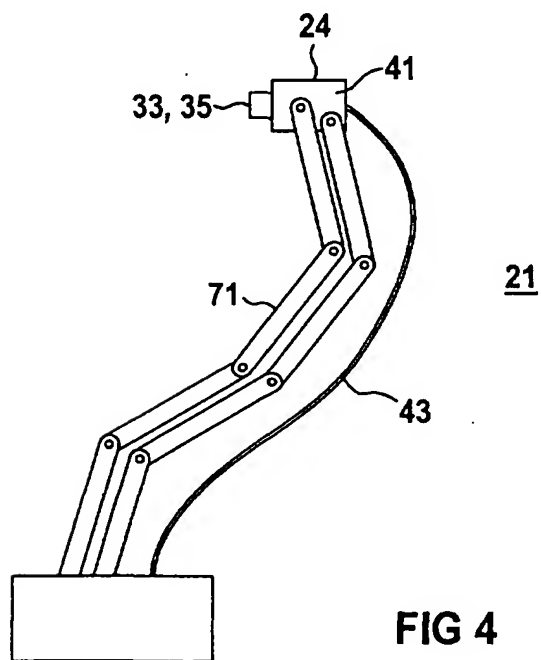
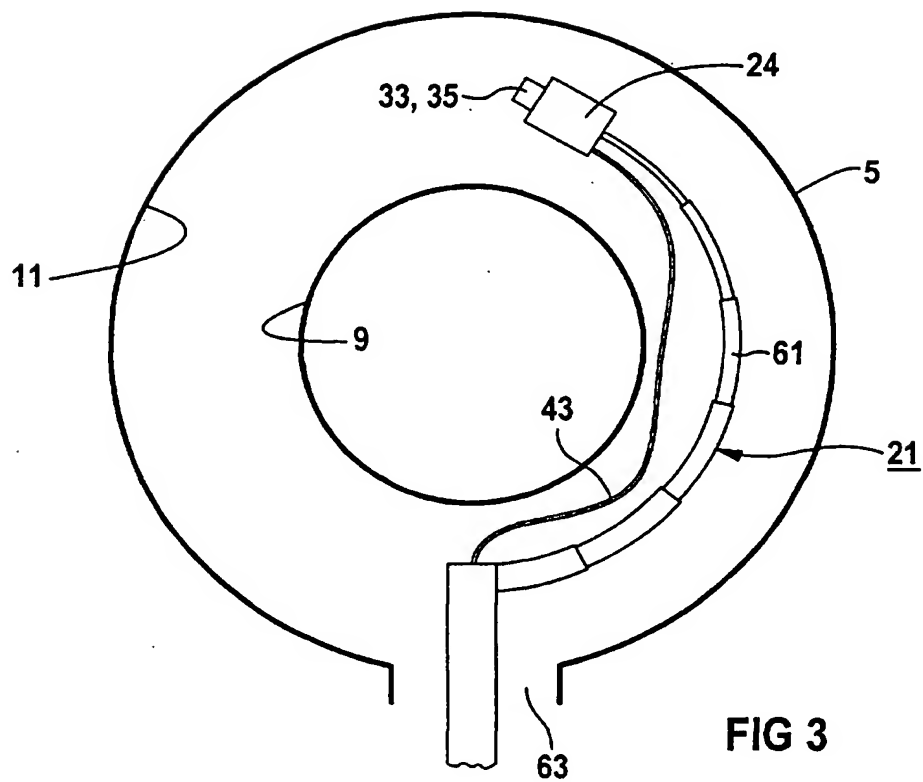


FIG 2



AN: PAT 2001-008673  
TI: Inspection device for gas-turbine annular combustion chamber includes device for transmitting video images from video camera to sampling or evaluating device  
PN: **DE19924607-A1**  
PD: 30.11.2000  
AB: A remotely controlled inspection device (21) for a ring combustion chamber (5) of a gas-turbine (1), includes a remotely steerable drive mechanism (29,45), a movable video camera (33), a lighting device (35), and a support frame for the video camera, the drive mechanism (29,45), and the lighting device (35). A device is provided for transmitting the video pictures from the camera to a sampling or evaluation device (51).  
.; Capable of quick and low-cost inspection with reliable detection of faults and defects.  
PA: (SIEI ) SIEMENS AG;  
IN: ADAMS U;  
FA: **DE19924607-A1** 30.11.2000; JP2003501577-W 14.01.2003; WO200073762-A1 07.12.2000; EP1181520-A1 27.02.2002;  
CO: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IN; IT; JP; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI; US; WO;  
DN: IN; JP; US;  
DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC; NL; PT; SE; AL; LI; LT; LV; MK; RO; SI;  
IC: F02C-007/00; F23R-003/00; G01M-003/00; G01M-003/38; G01M-011/00; G01M-015/00; H04N-005/225; H04N-005/232; H04N-007/18;  
MC: S02-J01; S02-J01C; S02-J04; S02-J04B9; T04-D02A; W02-F01X; W04-M01G7C;  
DC: Q52; Q73; S02; T04; W02; W04;  
FN: 2001008673.gif  
PR: DE1024607 28.05.1999;  
FP: 30.11.2000  
UP: 23.01.2003

